

Матричные годоскопы для установок ОКА (Протвино) и NA62 (SPS, CERN)

Е.Н. Гуцин,¹ В.Ф.Куршецов,² В.А.Лебедев,² В.И.Романовский,²

В.К.Семёнов,² С.Н.Филиппов,¹ А.А.Худяков¹

¹*Институт ядерных исследований РАН*

²*ГНЦ Институт физики высоких энергий*

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Установка ОКА

Установка ОКА[1][2] предназначена для прецизионного измерения параметров редких распадов каонов с вероятностью в диапазоне $10^{-3} - 10^{-8}$. На установке используется сепарированный пучок K^+ -мезонов импульсом 12.7 ГэВ/с и интенсивностью $(4 \div 6) \cdot 10^6 K^+$ за сброс.

Схема установки приведена на рис. 1. В её состав входят сцинтилляционные счётчики (S), пропорциональные камеры пучкового спектрометра (BPC), газовые черенковские счётчики $\check{C}_{1,2}$ для идентификации первичных каонов, распадный объём длиной 11 м с охранной системой, широкоапертурный магнитный спектрометр с пропорциональными камерами (PC), дрейфовыми трубками (DT) и строу-детекторами (ST), двухсекционный многоканальный γ -спектрометр (GAMS-EGS и GAMS-2000), адронный калориметр полного поглощения (GDA-100), матричные годоскоп (MH), мюонные детекторы (MC).

1.2. Установка NA62

Основной целью экспериментальной установки NA62[3] является измерение вероятности ультраредкого распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$. Это позволит с высокой точностью проверить предсказания Стандартной Модели. Установка использует несепарированный пучок высокой интенсивности с импульсом 75 ГэВ/с, $3.3 \cdot 10^{12}$ протонов за сброс.

Схема установки приведена на рис. 2. В состав установки входят пучковый спектрометр GIGATRACER, вакуумированный распадный объём длиной 80 м, дифференци-

альный черенковский счётчик CEDAR для идентификации первичных каонов и RICH для идентификации пионов, импульсный спектрометр, использующий строу-детекторы, жидко-криптоновый калориметр (LKr), мюонные детекторы MuV.

2. МАТРИЧНЫЙ ГОДОСКОП УСТАНОВКИ ОКА

Матричный годоскоп установлен непосредственно перед электромагнитным калориметром. На схеме установки (рис. 1) они обозначены МН и GAMS-2000 соответственно. Годоскоп служит для решения следующих задач. Во первых он предназначен для разрешения XY неопределённости, так как падовый годоскоп однозначно определяет координату частицы, и установка не содержит наклонных камер.

Вторая задача годоскопа — временная привязка треков, что позволяет отбрасывать треки связанные со случайными совпадениями.

Кроме того годоскоп может выработать триггер на множественность — количество сработавших падов. Это позволяет выделять распады с одной и тремя заряженными частицами в конечном состоянии.

2.1. Устройство годоскопа

Годоскоп состоит из четырёх квадрантов по 8x8 падов каждый. Ближайший к пучку угловой пад заменён на сборку из 3x3 падов, один из которых отсутствует для прохождения пучка. Схема расположения падов для одного квадранта приведена на рис. 3.

Каждый сцинтилляционный пад имеет форму параллелепипеда размером 120x120 мм и толщиной 15 мм. Светосбор осуществляется при помощи спектро-сдвигающего волокна Y11(250)-MSJ (Kuragay) диаметром 1мм. Оно проложено в круговой канавке и делает в ней 3.5 оборота. Для улучшения оптического контакта волокно вклеено в канавку клеем BC-600 (Bicon). Кроме того каждый пад обёрнут в светоотражающее покрытие TYVEK для увеличения светосбора. Фотографии сцинтилляционного пада приведена на рис. 4.

Сцинтилляционный свет регистрируется при помощи лавинных фотодиодов (APD). Они обладают малыми размерами и не требуют для работы высокого напряжения. Это позволило разместить APD непосредственно на сцинтилляционных падах. Внутреннее

усиление APD составляет порядка 10^6 , что позволяет использовать их без дополнительного усиления.

Электроника, вырабатывающая триггер на множественность, смонтирована непосредственно на детекторе.

2.2. Эффективность годоскопа

Эффективность матричного годоскопа определялась по данным набранным в апрельском сеансе 2009 года. Для этого отбирались одотрековые события. Их можно восстановить без использования матричного годоскопа. Эффективность пада определялась следующим образом: отбирались события, для которых реконструированный трек указывал в пад и делалось две оценки: отношение числа срабатываний пада к числу событий и отношение событий где есть хотя бы одно срабатывание в годоскопе к их общему числу.

Первая оценка является заниженной, так как даже если трек указывает в пад, на самом деле частица могла пройти мимо пада. Такие события дают вклад в неэффективность. Вторая оценка — завышенной, так как случайные срабатывания в других падах могут маскировать неэффективность.

Распределение падов по эффективности, определённой двумя методами, приведено на рис. 5. Истинная эффективность лежит между двумя оценками и превышает 95%.

2.3. Временное разрешение

На рис. 6 приведено распределение для времени прихода сигнала от матричного годоскопа. По оси отложены номера каналов регистра с циклической памятью. Одно деление составляет 0.9 ns. Определённое таким образом временное разрешение составляет $\sigma_t = 1.8$ ns.

2.4. Результаты

Годоскоп успешно работал в апрельском и ноябрьском сеансах. Данные с него использовались для реконструкции многотрековых событий. В ноябрьском сеансе был успешно испытан триггер на количество вторичных заряженных частиц.

3. МЮОННЫЙ ГОДОСКОП УСТАНОВКИ NA62

Мюонный годоскоп (далее MuV — Muon Veto) входит в триггера нулевого уровня, и служит для подавления мюонов от распада $K^+ \rightarrow \mu^+\nu$, ($Br \approx 63\%$). Так как установка работает с пучком сверхвысокой интенсивности, годоскоп должен обладать высоким временным разрешением (~ 1 нс) для минимизации мёртвого времени установки. Эффективность регистрации мюонов должна превышать 99% для подавления мюонного фона в более чем 100 раз.

Годоскоп состоит из четырёх квадрантов. Был изготовлен и испытан на пучке прототип мюонного годоскопа, состоящий из одного квадранта. На рис. 8 приведена фотография годоскопа в процессе сборки.

Каждый квадрант состоит из девяти падов неравного размера. Каждый пад состоит из двух слоёв сцинтилляционных пластин размером 200x200 мм. Вблизи пучка пады имеют размер 400x400 мм (2x2 пластины). Периферийные пады имеют больший размер — 400x600 и 600x600 мм. (2x3 и 3x3 пластины соответственно), так как загрузка вдали от пучка меньше. Схема годоскопа приведена на рис. 7. Пады выделены разными оттенками серого.

В каждой сцинтилляционной пластине сделано 8 параллельных канавок, в которые проложено спектросмещающее волокно. В пределах одного пада оно находится в световом контакте с сцинтиллятором, после чего выводится над светоотражающим покрытием. Все волокна с одного пада собираются на один ФЭУ.

На схеме (рис. 7) световоды обозначены линиями, пунктиром обозначена область, где они светоизолированы от сцинтиллятора.

3.1. Эффективность MuV

Для выделения мюонов использовался стриповый мюонный годоскоп установки оставшийся от установки NA48/2. Две его плоскости с взаимно перпендикулярными стрипами расположены перед и за MuV . Из одной плоскости использовалось 2 стрипа, из другой — 3. Область их перекрытия целиком лежит внутри MuV .

На рис. 9 область перекрытия стрипов обозначена квадратом, границы между падами MuV — пунктирной линией. Для определения эффективности использовались только однотрековые события. Числами дана эффективность годоскопа в процентах

в зависимости от координаты частицы. Для её получения использовался заряженный годоскоп.

3.2. Временное разрешение MuV

Перед тестовым раном у четырёх падов световоды были вклеены в сцинтиллятор для увеличения светосбора и, соответственно, улучшения временного разрешения. Измерения проводились для трёх типов ФЭУ: ФЭУ-85, ФЭУ-115М и Hamamatsu-R7899-20. В табл. 1 приведены временные разрешения полученные по данным четырёх ранов.

Как видно из таблицы, временное разрешение для падов с вклеенными световодами временное разрешение лежит в диапазоне 1.15 –1.7 нс. Для падов, в которые не были вклеены световоды оно хуже и составляет в среднем 1.7 нс.

3.3. Результаты

В октябре 2009 года был испытан на пучке прототип мюонного годоскопа для эксперимента NA62. Прототип обладает высокой эффективностью и временным разрешением, достаточными для работы вето-детектором.

Работа осуществлена при поддержке РФФИ (гранты 06-02-16065 и 08-02-91-016).

-
1. V.F. Obraztsov, L.G. Landsberg. Nucl. Phys. Proc. Suppl. **99B** 257 (2001)
 2. V.F. Obraztsov, L.G. Landsberg, arXiv:hep-ex/0011033v1
 3. G. Anelli et al. CERN-SPSC-2009-24
 4. S. Fillipov, E. Gushchin, NIM, **A610**, 404 (2009)

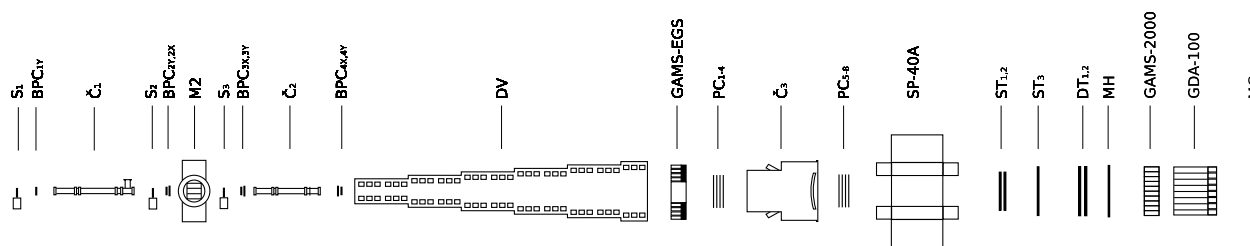


Рис. 1. Схема установки «ОКА».

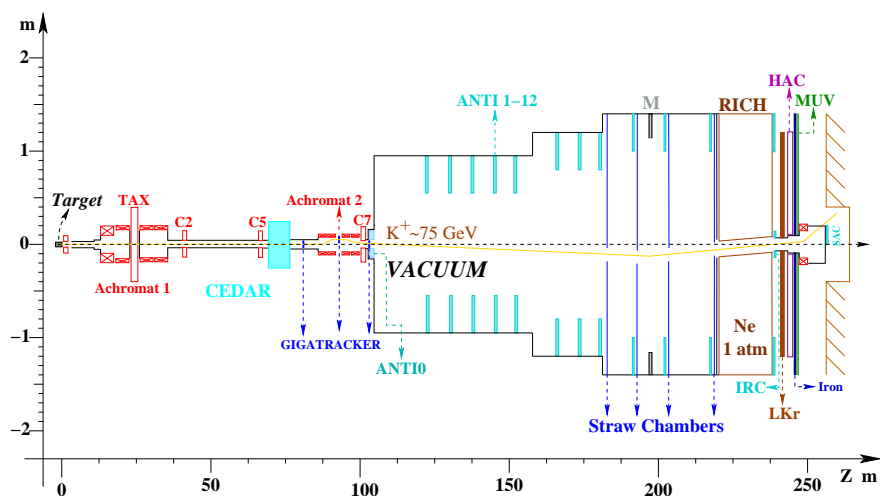


Рис. 2. Схема установки NA62. Масштаб по осям разный

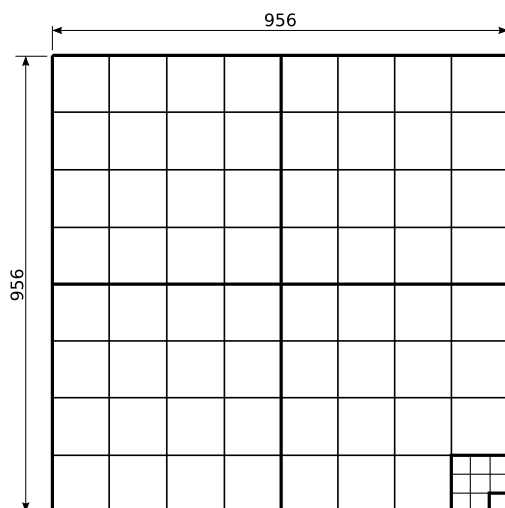


Рис. 3. Схема одного квадранта матричного годоскопа установки ОКА

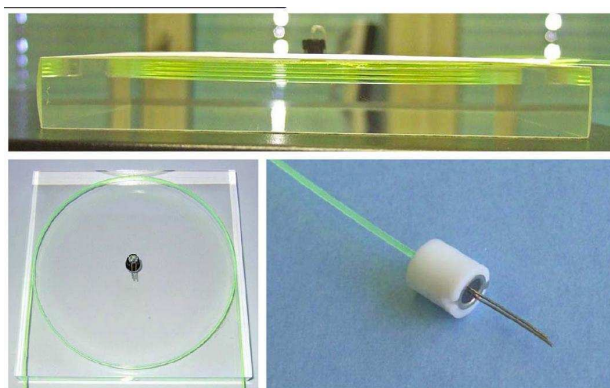


Рис. 4. Вверху: сцинтиляционный паd, вид сверху. В центре паdа закреплён УФ-светодиод. Снизу-слева: сцинтиляционный паd, вид сбоку. Снизу-справа: Лавинный фотодиод крупным планом.

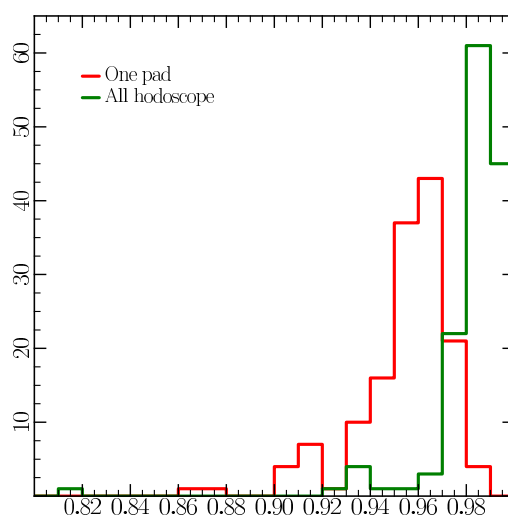


Рис. 5. Распределение эффективности паdов матричного годоскопа.

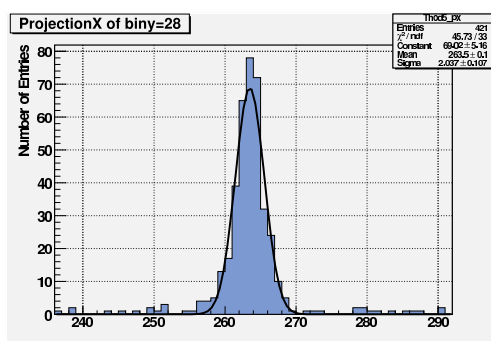


Рис. 6. Распределение времени прихода сигнала от годоскопа. По оси X отложены номера каналов в регистре. Один канал соответствует 0.9 нс.

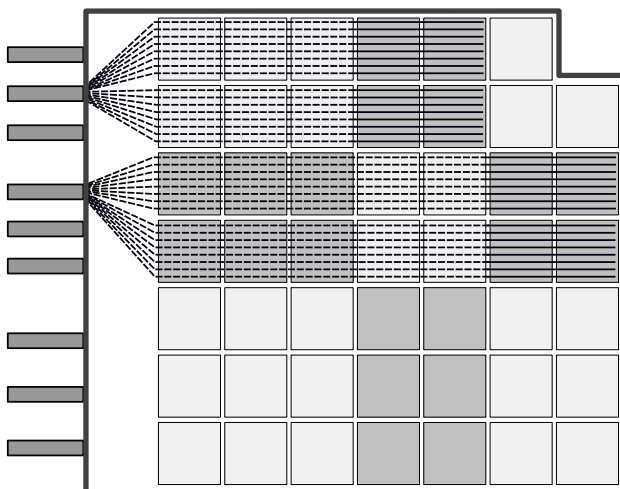


Рис. 7. Схема годоскопа. Пады обозначены разными оттенками серого. Промежутки между падами показаны исключительно для иллюстративности, в действительности пады полностью перекрываются. Показан светосбор с двух падов. В области оптического контакта световоды нарисованы сплошными линиями, там где они светоизолированы от сцинтиллятора — пунктирной.

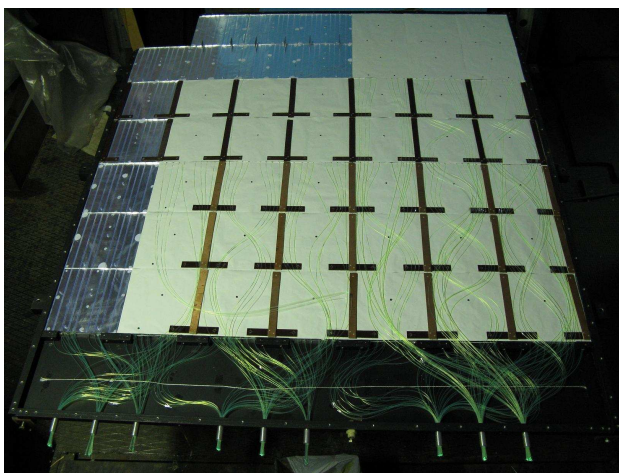


Рис. 8. Фотография годоскопа в процессе сборки.

Таблица 1. Временное разрешение мюонного годоскопа в наносекундах, измеренное для различных ФЭУ. Звёздочка у номера пада означает, что световоды были вклеены в сцинтиллятор. Индексы обозначают тип используемого ФЭУ: ¹ — ФЭУ-85, ² — Hamamatsu-R7899-20, ³ — ФЭУ-115М

N_{run}	Номер пада					
	1*	2*	3	4*	5*	6
run 21288	1.93 ¹	1.29 ³	1.71 ²	1.43 ³	1.16 ¹	1.76 ²
run 21290	1.81 ¹	1.16 ²	1.81 ³	1.53 ³	1.17 ²	1.74 ¹
run 21292	1.77 ¹	1.24 ²	1.80 ³	1.99 ³	1.18 ²	1.74 ¹
run 21298	1.76 ¹	1.25 ¹	1.69 ²	1.52 ²	1.24 ²	1.73 ¹

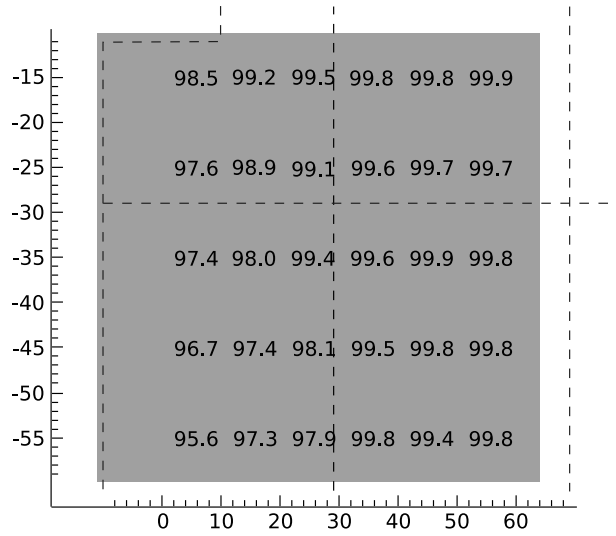


Рис. 9. Эффективность мюонного годоскопа. Серым обозначена область перекрытия запусков стрипов. пунктиром — границы падов.